

新编网架结构设计手册

唐瑞森主编

科学出版社

1998

新编网架结构设计手册

唐瑞森主编

科学出版社

1998

内 容 简 介

本书内容包括:网架的设计概要,一般计算方法,简化计算图表的编制依据,不同网格的两向正交正放网架、有角柱两向正交斜放网架、无角柱两向正交斜放网架、三向网架、正放四角锥网架、斜放四角锥网架和棋盘形四角锥网架的杆件内力系数的图表共 426 种,以及上述各种网架的计算例题。

本书可供土建专业的工程技术人员和高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

新编网架结构设计手册/唐瑞森主编. —北京:科学出版社,1997

ISBN 7-03-005832-1

I. 新… II. 唐… III. 网架结构-结构设计-技术手册 IV. TU356. 04-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 25681 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1998 年 5 月第一次印刷 印张:53 1/4

印数:1—3 000 字数:1 254 000

定价: 80.00 元

前 言

网架是一种复杂的空间结构体系,其内力计算是十分繁冗的。近年来,随着这种结构的推广应用,国内一些单位已编制了网架结构的通用电算程序,使这一繁冗的计算工作可以用电子计算机来完成。但是,设计人员仍然需要一种简捷的手算方法,以便能在最短的时间内,迅速求得杆件内力,计算出截面尺寸,作为初步设计时方案比较的依据和施工图设计时电算输入数据的基础,并作为电算结果的校核手段。另外,对于中小跨度的网架,当缺少电算手段时,也可将其直接用于施工图设计。为此,编者在已出版的《平板网架设计》和《网架结构设计手册》两书的基础上,进一步研究编制了周边支承的不同网格两向正交正放网架、有角柱两向正交斜放网架、无角柱两向正交斜放网架、三向网架、正放四角锥网架、斜放四角锥网架和棋盘形四角锥网架的杆件内力系数图表。设计者可以从这些图表中,直接看出上述各类网架的上弦、下弦、斜杆及竖杆内力的变化规律,迅速找出各种杆件最大内力产生的部位并求得其数值,进而计算出所需的截面尺寸。有了这些图表,可以采用手算迅速完成全部计算工作,使整个网架计算变得十分简捷,且不易出错,即使初次从事网架设计的工程技术人员,通过学习本书也能很快掌握和应用。

本手册系编者在原编《网架结构简化计算手册》(中国建筑工业出版社 1989 年第一版)的基础上,增补了无角柱两向正交斜放网架和棋盘形四角锥网架的计算图表及其计算例题,并增补了原有部分网架图表的网格数目,使之应用范围进一步扩大。另外,本手册根据新修订的《网架结构设计施工规程》(JGJ7-91),补充和改写了网架设计和节点构造的内容。

由于编者水平所限,本手册错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 网架结构的设计概要及其计算方法	1
1.1 网架的分类及选型	1
1.2 网架几何尺寸的确定	9
1.3 网架设计的一般规定.....	11
1.4 网架的一般计算方法.....	12
1.5 网架简化计算图表的编制依据.....	25
1.6 地震和温度作用下的内力计算原则.....	32
1.7 杆件设计.....	34
1.8 节点设计与构造.....	35
第二章 两向正交正放网架的简化计算图表	49
(图表 2-1~2-78)	
第三章 有角柱两向正交斜放网架的简化计算图表	184
(图表 3-1~3-78)	
第四章 无角柱两向正交斜放网架的简化计算图表	326
(图表 4-1~4-78)	
第五章 三向网架的简化计算图表	472
(图表 5-1~5-10)	
第六章 正放四角锥网架的简化计算图表	492
(图表 6-1~6-78)	
第七章 斜放四角锥网架的简化计算图表	636
(图表 7-1~7-78)	
第八章 棋盘形四角锥网架的简化计算图表	778
(图表 8-1~8-26)	
第九章 网架计算例题	828
9.1 两向正交正放网架计算例题	828
9.2 有角柱两向正交斜放网架计算例题	829
9.3 无角柱两向正交斜放网架计算例题	831
9.4 三向网架计算例题	833
9.5 正放四角锥网架计算例题	835
9.6 斜放四角锥网架计算例题	836

9.7 棋盘形四角锥网架计算例题 838

附录一 板式橡胶支座橡胶垫板的材料性能及计算构造要求..... 841

二 参考文献[3]中 W 及 M 值的勘误表 843

参考文献..... 846

第一章 网架结构的设计概要及其计算方法

1.1 网架的分类及选型

通常,人们将平板型网架简称为网架。网架是空间钢结构的一种。由上、下弦和腹杆组成各种体形的网格单元,将各种网格单元按一定规律组合起来,就形成各种形式的网架结构。

1.1.1 网架的分类

1.1.1.1 按网架的支承情况分类

1. 周边支承网架

网架的所有周边节点均为支座节点,搁置在下部支承结构上,如图 1-1 所示。这种网架受力均匀,空间刚度大,应用最为广泛。我国目前已建成的网架多属这种支承形式。

2. 三边支承网架

网架只有三个周边节点为支座节点,另一边的节点悬空,形成自由边界,如图 1-2 所示。这种网架在飞机制造厂或大型飞机库中应用较为广泛。

3. 两边支承网架

网架的周边节点只有两对边上的节点为支座节点,其余两边为自由边,如图 1-3 所示。这种网架应用极少。但如将平行于支座边的上下弦杆去掉,可形成单向折线形网架,目前已在一些工程中采用。

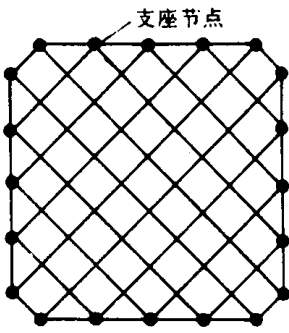


图 1-1

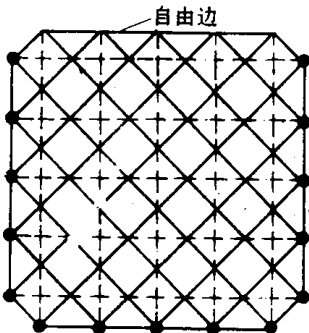


图 1-2

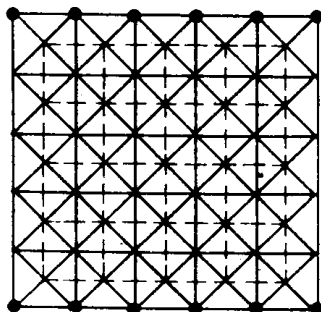


图 1-3

4. 四点支承网架

网架由四点支承,支承点多为对称布置,周边设有悬臂段,以减少跨中弯矩,支承点处宜设柱帽,以避免网架支座处杆件内力过分集中(图 1-4)。

5. 四点支承无限连续网架

这种网架多用于灵活车间,国外采用较多(图 1-5)。

根据建筑功能要求,网架支承点布置较为稀疏,形成多点支承网架,如图 1-6 所示。

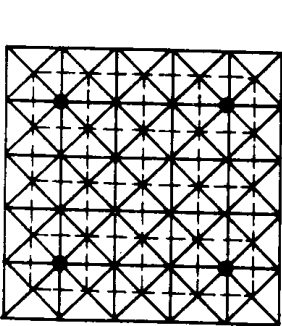


图 1-4

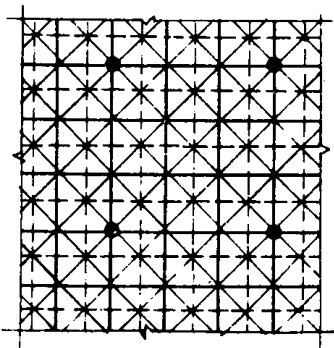


图 1-5

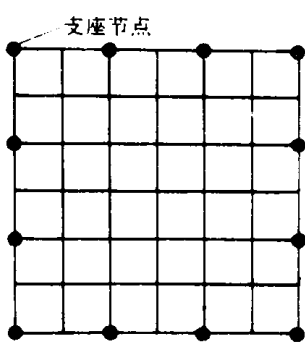


图 1-6

1. 1. 1. 2 按网架的组成形式分类

1. 由平面桁架组成的网架

这种网架一般是由若干片平面桁架相互交叉而成,每片桁架的上下弦及腹杆位于同一平面内。它们又可分为以下五种:

(1)两向正交正放网架(图 1-8)。

这种网架由两个方向的平面桁架交叉而成。其交角为 90° ,且两个方向的桁架分别平行于建筑物的轴线,故称为正交正放网架。

本节图 1-8 和 1-9 的表示方法如图 1-7 所示,平面分为四区,左上角表示平面总图,右上角表示上弦杆,左下角表示下弦杆,右下角表示腹杆。

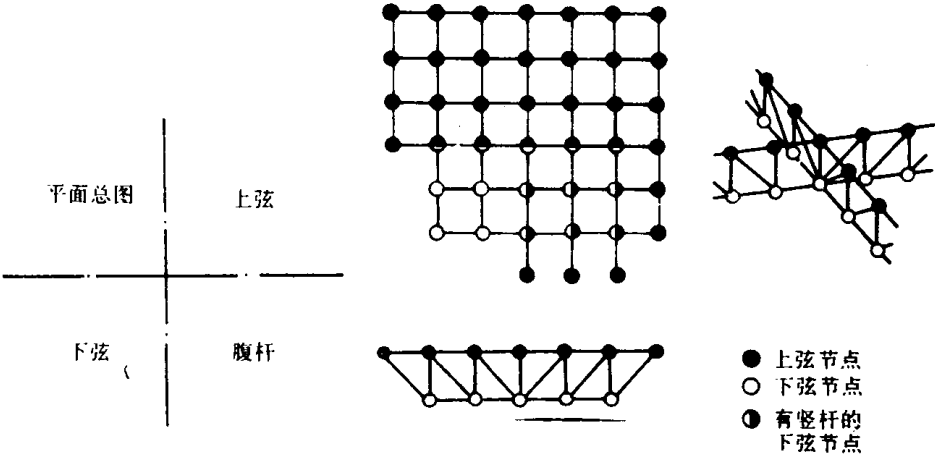


图 1-7

图 1-8

(2)两向正交斜放网架(图 1-9)。

这种网架也是由两个方向的平面桁架交叉而成,其交角也是 90° ,但每片桁架不与建筑物轴线平行,而是成 45° 的交角,故称为两向正交斜放网架。这种网架中各片桁架长度不一,四角处的短桁架刚度较大,对长桁架有一定嵌固作用,使长桁架在其端部产生负弯矩,使跨中弯矩减小,网架四角隅处的支座产生拔力,应按拉力支座进行设计。为了减小角

部支座的拉力,常常设计成无角部支座的网架。因此这类网架又可分为有角柱网架和无角柱网架两种。

(3)两向斜交斜放网架(图 1-10)。

由于建筑物的使用要求,平面中两个相互垂直方向的柱距不等,因而相互交叉桁架的交角不能呈 90° ,且两方向桁架与建筑物轴线的交角也不相同,这种网架称为两向斜交斜放网架。

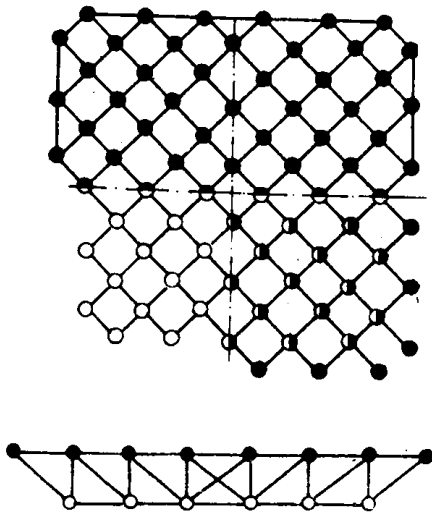


图 1-9

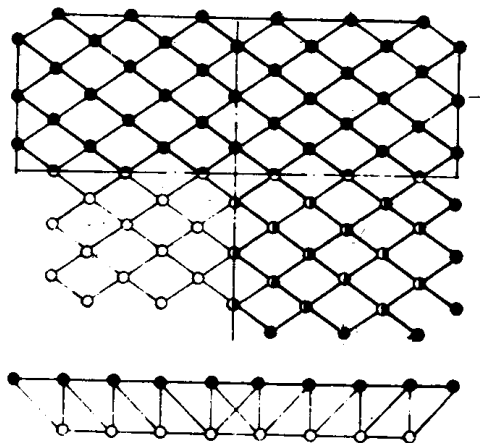


图 1-10

(4)三向网架(图 1-11)。

这种网架是由三个方向的平面桁架相互交叉而成,其相互交角为 60° ,上下弦杆在平面中组成正三角形。三向网架比两向网架的刚度大,适合在大跨度结构中采用。其平面适用于三角形、梯形及正六边形,在圆形平面中也可采用,只是周边出现一些不规则杆件。

(5)单向折线形网架(图 1-12)。

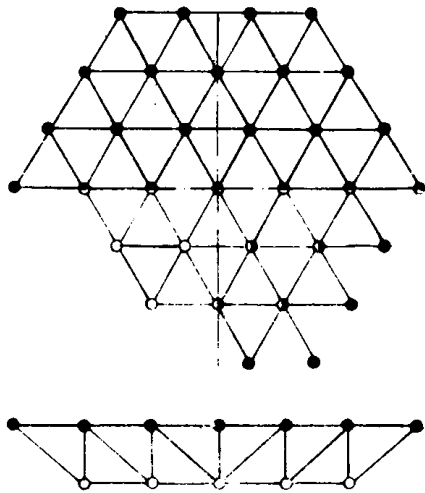


图 1-11

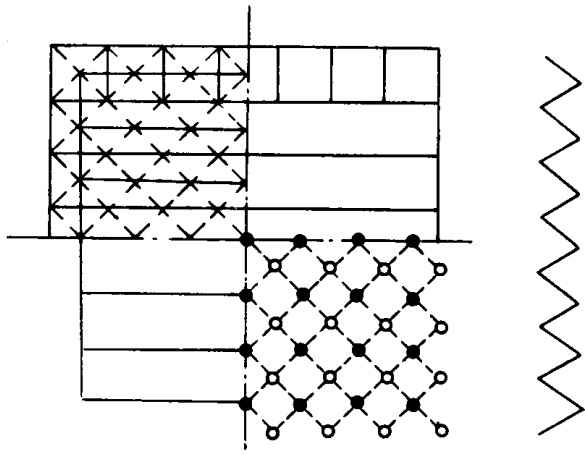


图 1-12

这种网架适用于一般工业厂房和库房等具有狭长平面的建筑物,网架以单向受力为主。

2. 由四角锥体组成的网架

这种网架由四根上弦组成正方形锥底,锥顶位于正方形的形心下方,由正方形四角节点向锥顶连接四根腹杆即形成一个四角锥体。将各个四角锥体按一定规律连接起来,便成为由四角锥体组成的网架。由于四角锥体的连接方式不同,这种网架又可分为下列几种形式。

(1) 正放四角锥网架。

四角锥底边分别与建筑物的轴线相平行,各个四角锥体的底边相互连接形成网架的上弦杆,连接各个四角锥体的锥顶形成下弦杆。这种网架上下弦杆长度相等,并相互错开半个节间。下弦杆也与建筑物的轴线平行,如图 1-13 所示。

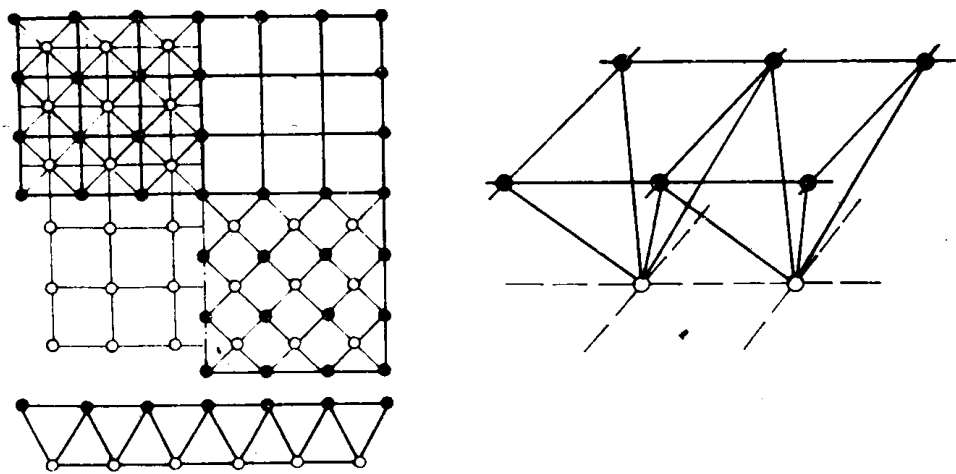


图 1-13

(2) 正放抽空四角锥网架。

上面所述的正放四角锥网架,其每个正方形上弦网格中都布置有四角锥体。这种网架的刚度较大,但杆件数量多,对于中小跨度的网架用钢量较多。此时可适当抽掉一些四角锥体而得到正放抽空四角锥网架,如图 1-14 所示。

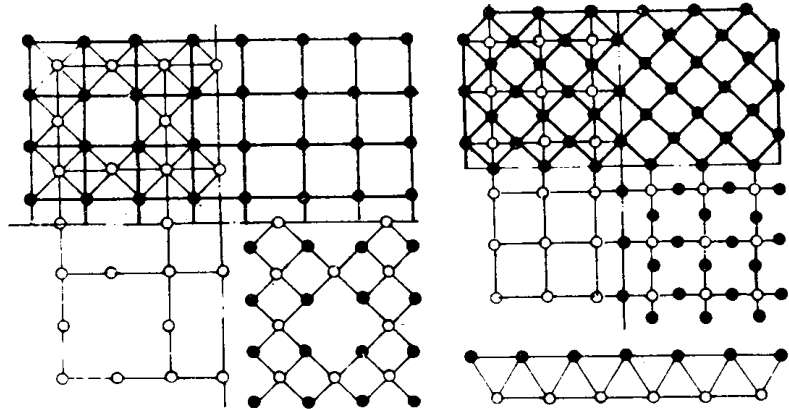


图 1-14

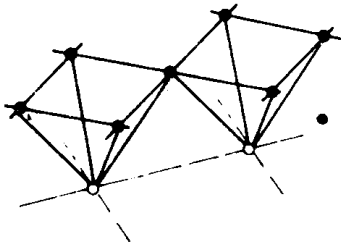


图 1-15

(3)斜放四角锥网架。

这种网架是将各四角锥体的锥底角与角相连,上弦(即锥底边)与建筑物成 45° 交角,连接锥顶而形成。下弦仍与建筑物轴线平行(图 1-15)。这种网架受压的上弦杆长度小于受拉的下弦杆,因而受力比较合理,而且每个节点交汇的杆件数量也较少,因而用钢量也较小。其缺点是屋面板种类较多,屋面排水坡的形成也比较困难。

(4)棋盘形四角锥网架。

将整个斜放四角锥网架水平转动 45° 角,使网架上弦与建筑物轴线平行,下弦与建筑物轴线成 45° 交角,即得图 1-16 所示的棋盘形四角锥网架。这种网架可以克服斜放四角锥网架屋面种类多,屋面排水坡形成困难的缺点。

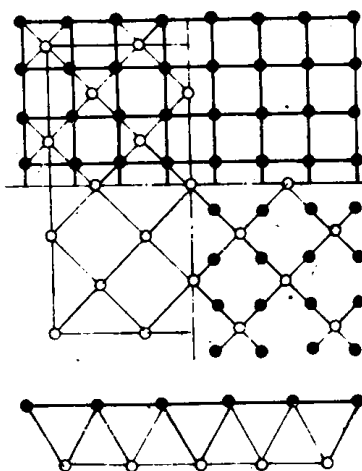


图 1-16

(5)星形四角锥网架。

网架单元为一星形四角锥,十字交叉的四根上弦为锥体的底边,由十字交叉点连接一根竖杆,再由交叉的四根上弦杆的另一端向竖杆下端连接,即得四根腹杆,这就构成了一个星形四角锥网架单元。将各单元的锥顶相连,即为下弦杆(图 1-17)。这种网架的受力性能和刚度都比较好。

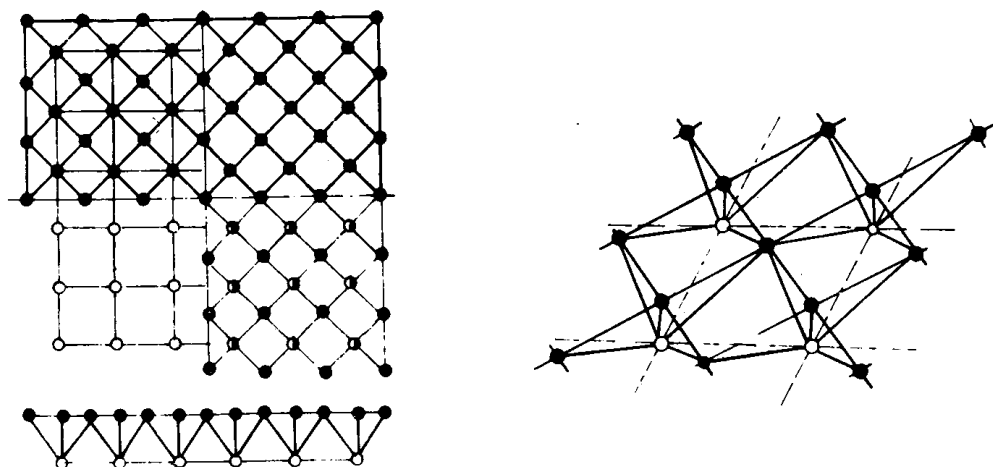


图 1-17

3. 由三角锥体组成的网架

这种网架的单元为三角锥体。锥体的底边朝上,呈正三角形。锥顶向下,位于正三角形底面的形心线上。锥底的三根杆为上弦杆。由锥底的三个角点向锥顶连接即得三根腹杆,这样就构成了一个三角锥单元体。将各单元的锥顶连接起来,即为网架的下弦杆,下弦杆构成的平面为正三角形或正六边形。

由三角锥体组成的网架,在平面为梯形、六边形和圆形工程中采用尤为适宜。根据情况适当地抽掉一些锥体或改变单元的连接方式,可以构成不同的网格图案,以增加建筑物的艺术效果。常见的形式有以下几种:

(1)三角锥网架。

将三角锥体的角与角相连,使上下弦杆组成的平面图形均为正三角形,即得三角锥网架(图 1-18)。这种网架的刚度好,适用于大跨度工程。

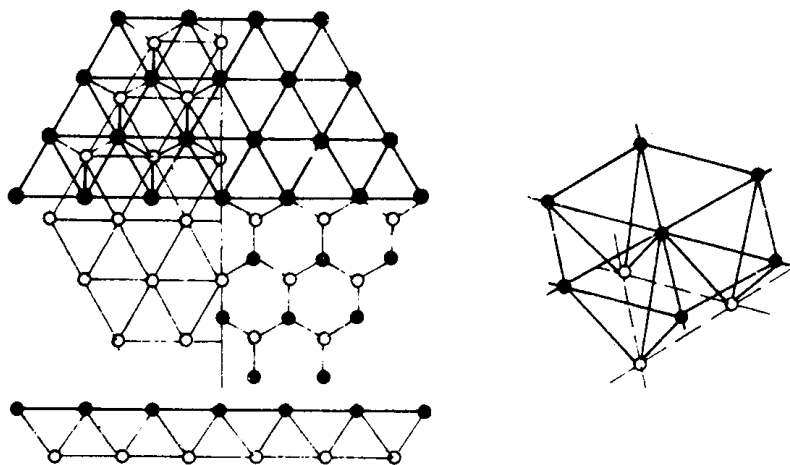


图 1-18

(2)抽空三角锥网架。

将三角锥网架适当抽掉一些锥体,即成抽空三角锥网架。这种网架的上弦杆仍呈正三

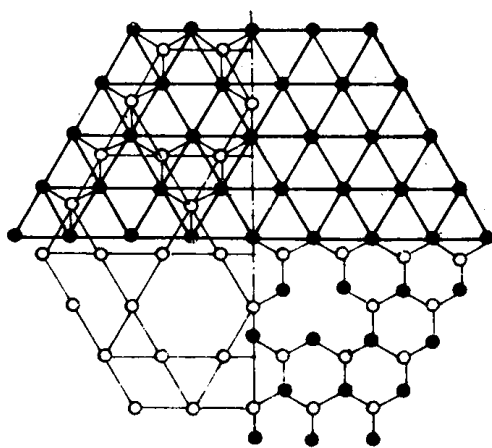


图 1-19

角形,下弦杆组成的图形则因抽锥方式不同而呈三角形、六边形等多种图形,图 1-19 是其中的一种。

抽空三角锥网架的杆件与节点均较三角锥网架的少,用钢量也较少,适于在荷载较轻、跨度较小的情况下采用。

(3)蜂窝形三角锥网架。

这种网架仍由三角锥单元体组成,但其连接方式不同于前两种网架(图 1-20)。上弦杆组成的图形呈三角形和六边形,下弦杆组成的几何图形呈六边形,而且上弦杆与腹杆分别位于同一垂直平面内。上弦与下弦节点均汇集六根杆件,是常见的几种网架中节点汇集杆件最少的一种,其受压上弦杆的长度比受拉下弦杆的长度短,受力比较合理,用钢量也是常见网架中较少的一种。但由于上弦杆组成的图形呈六边形和三角形,且六边形较为空旷,给屋面板的设计带来一定困难。

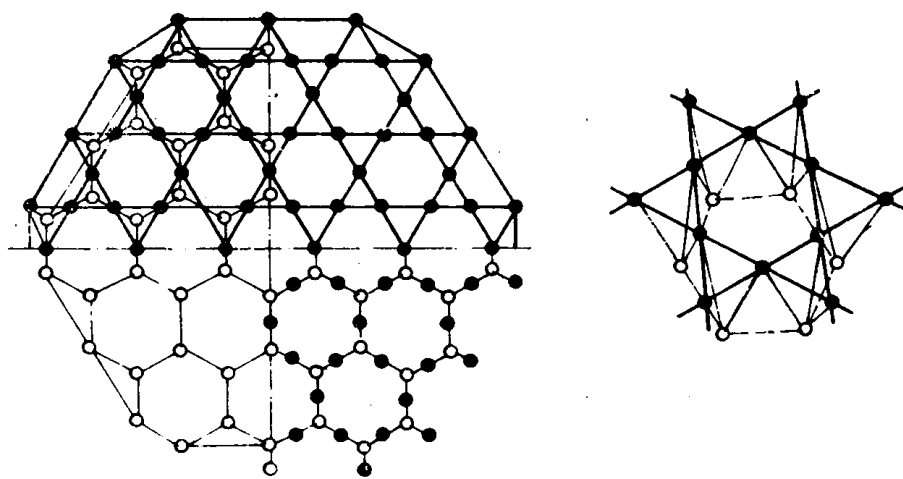


图 1-20

蜂窝形三角锥网架还可用于矩形平面的建筑物,其布置如图 1-21 所示。

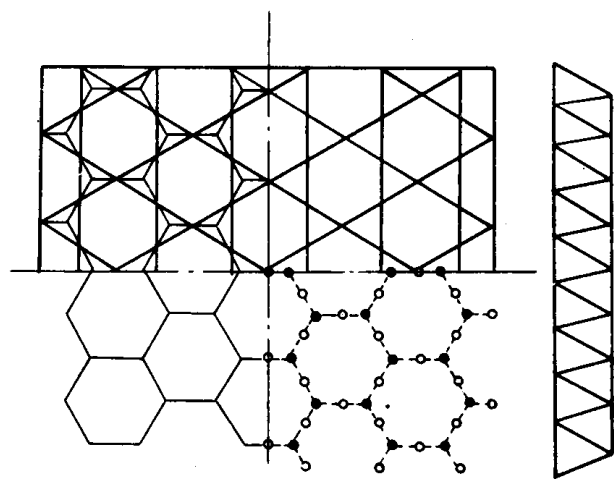


图 1-21

1.1.2 网架的选型

网架的选型应根据具体工程的平面形状和尺寸、网架的支承方式、荷载的种类和大小、屋面的材料和构造、建筑功能要求以及网架的制作、安装方法等因素,进行综合分析比较来确定。通常以同样条件下用钢量的多少及刚度大小两项指标来作为衡量选型好坏的标准。根据国内有关资料^[3],对几种网架选型提出如下参考意见。

1.1.2.1 周边支承的方形或接近方形的网架

根据常见的两向正交正放、两向正交斜放、正放四角锥、正放抽空四角锥、斜放四角锥、棋盘形四角锥和星形四角锥七种形式网架进行计算比较表明,在荷载、网格尺寸和网架高度相同的条件下,单位面积用钢量以斜放四角锥网架最少,其次是棋盘形四角锥和星形四角锥网架,正放四角锥网架最高。对上述七种网架的挠度计算表明,它们的挠度值相差不大,其中以斜放四角锥、星形四角锥和正放四角锥三种网架的刚度最好。综合起来,斜放四角锥、星形四角锥和棋盘形四角锥三种网架的技术经济指标较好,原因是它们的空间作用好,杆件受力合理,受压的上弦杆长度比受拉的下弦杆长度小,能充分发挥杆件的承载能力,而且在每个节点上交汇的杆件较少,使节点构造简单。因此,在正方形或接近正方形的周边支承网架中,应优先考虑上述三种形式。此外,还可选用正放抽空四角锥网架、两向正交斜放网架、两向正交正放网架、正放四角锥网架。对于中小跨度,也可选用蜂窝形三角锥网架。当建筑要求长宽两个方向支承距离不等时,可选用两向斜交斜放网架。

1.1.2.2 周边支承的较狭长矩形平面网架

这种网架的长宽比一般大于 $1.5:1$,在工业建筑中比较常见。计算表明,随着网架长宽比的增大,两向正交正放、正放四角锥、正放抽空四角锥等正放类型网架,无论是用钢量还是挠度的增长都比较缓慢,而其它斜放类网架的上述两项指标的增长速度均较快,这是由于斜放类型网架在狭长的矩形平面情况下,其内力的传递路线较正放网架长,从而大大降低了空间作用。因此,对于平面形状较为狭长的网架(如边长比为 $1.5\sim 2.5$ 时),应尽量选用正放类型网架。当边长比小于 2 时,也可采用斜放四角锥网架。当平面狭长时,网架以单向受力为主,可采用单向折线形网架。

抽空网架的用钢量一般比不抽空的网架用钢量少些,但抽空网架的杆件内力比不抽空时要大些,设计时要求选择较大的杆件与节点。此外,当网架下弦有吊顶时,采用抽空网架也有一定困难,选型时应综合考虑。

1.1.2.3 三边支承的矩形平面网架

计算表明,三边支承矩形平面网架中各类网架用钢量和刚度的指标,与周边支承网架同类型相应的指标基本相似,因此可参考上述周边支承网架进行选型。其开口边通常有两种处理方法:一种是在网架的开口边局部增加层数,如图 1-22 所示,通常称为加反梁。另一种方法是将整个网架的高度较周边支承时的高度适当加高,开口边杆件适当加大。根据一些计算结果表明,加反梁和不加反梁两种方法的用钢量及挠度相差不多,对于中小跨度

网架,上述两种方法都可采用。当跨度较大或平面形状比较狭长时,则在开口边加反梁的方法较为有利。设计时应注意在开口边形成竖直或倾斜的边桁架,以加强整体性。

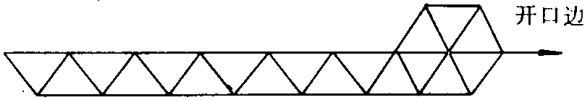


图 1-22

1.1.2.4 周边支承的圆形及多边形网架

圆形及多边形网架,一般适合于选用三向网架、三角锥网架、抽空三角锥网架和蜂窝三角锥网架四种型式。计算比较表明,以蜂窝形三角锥网架用钢量最少,其次是抽空三角锥网架,因为它们的杆件数量和节点数量均比三角锥网架和三向网架少。所以,对于中小跨度的网架,应优先采用蜂窝形三角锥网架或抽空三角锥网架。但是,三向网架和三角锥网架的刚度较好,当跨度接近一百米时,由于刚度要求,三向网架和三角锥网架的用钢量反而较前两种网架的小。因此,对于大跨度或荷载较大的网架,应选用刚度较好的三向网架或三角锥网架。

1.1.2.5 平面形状为矩形的多支点网架

这种网架宜选用正放型网架,如两向正交正放、正放四角锥和正放抽空四角锥网架。在多点支承的情况下,正放型网架的刚度比斜放型的要好些,尤其是对正放抽空四角锥网架,更可根据网架内力分布情况,适当增减一些四角锥体,以取得最佳的技术经济效果。对于多点支承和周边支承相结合的多跨网架,还可选用两向正交斜放网架或斜放四角锥网架。

1.2 网架几何尺寸的确定

网架的几何尺寸,包括网格的大小、网架的高度(上、下弦平面间的垂直距离)、腹杆与上下弦所在平面的夹角等,应根据网架跨度的大小、支承点的布置情况、屋面材料以及建筑功能要求等因素来确定。

1.2.1 上弦网格数及跨高比

对于矩形平面的网架,上弦网格一般应设计成正方形。对于周边支承的以下各类网架,其上弦网格数及跨高比可按表 1-1 选用^[1]。

1.2.2 斜杆布置

一般来说,斜杆与上下弦平面的夹角以 45°左右为宜,因为这样的角度对节点构造比

较有利。

表 1-1 网架的上弦网格数和跨高比

网架形式	钢筋混凝土屋面体系		钢檩条屋面体系	
	网格数	跨高比	网格数	跨高比
两向正交正放网架、 正放四角锥网架、 正放抽空四角锥网架	$(2\sim 4)+0.2L_2$	10~14	$(6\sim 8)+0.07L_2$	$(13\sim 17)-0.03L_2$
两向正交斜放网架、 棋盘形四角锥网架、 斜放四角锥网架、 星形四角锥网架	$(6\sim 8)+0.08L_2$			

注：1) L_2 为网架短向跨度,单位为 m。

2)当跨度在 18m 以下时,网格数可适当减少。

由角锥体组成的网架,其腹杆有多种布置方式,一般将腹杆布置成拉杆受力比较合理(图 1-23)。

当桁架节间距离较大而使腹杆过长或上弦节间有集中荷载时,可采用再分式腹杆,以减少腹杆的计算长度,如图 1-24 所示。

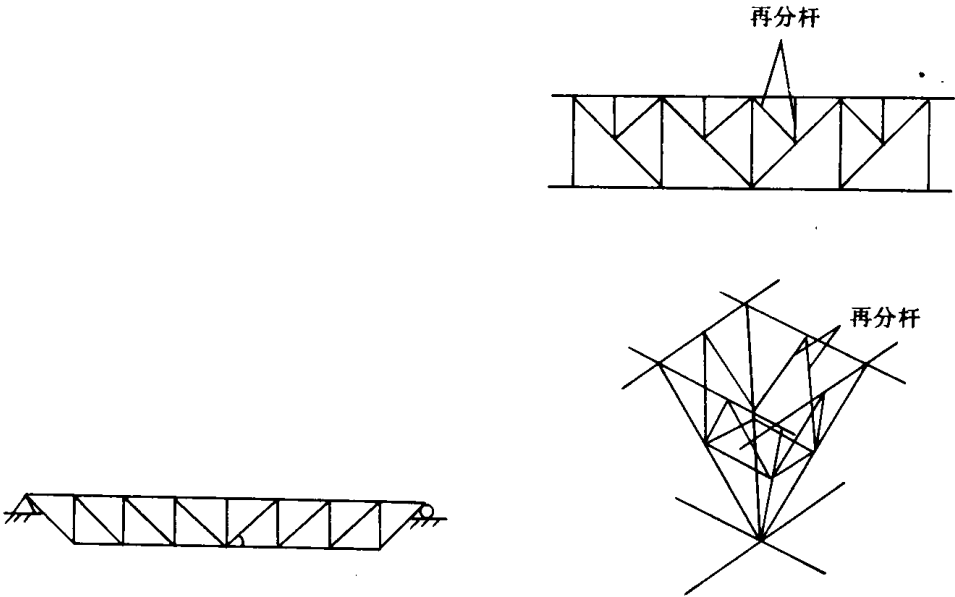


图 1-23

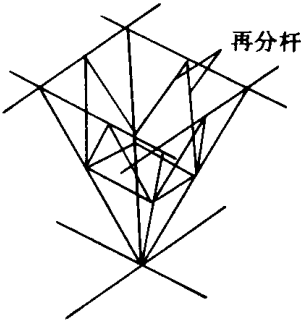


图 1-24

1.2.3 多点支承网架的悬臂长度

多点支承网架设计时选取合适的悬臂长度,可使跨中正弯矩和挠度减少,并使杆件内力分布较为均匀。通过计算表明,单跨多点支承时悬臂长度取跨度的 $1/3$,多跨多点支承时悬臂长度取跨度的 $1/4$ 较为合适。

1.3 网架设计的一般规定

1.3.1 网架起拱

由于网架的刚度较大,对于中小跨度网架,一般可不起拱,对于大跨度网架及有特殊要求的中小跨度网架,其起拱坡度取不大于短向跨度的 $1/300$ 。

1.3.2 容许挠度

网架结构的允许挠度不应超过下列数值:

用作屋盖时, $L_2/250$; 用作楼层时, $L_2/300$ 。 L_2 为网架的短向跨度。

1.3.3 网架自重

网架自重 g_{ok} (kN/m^2) 可按下式估算:

$$g_{ok} = \zeta \sqrt{q_w L_2} / 200 \quad (1-1)$$

式中: q_w 为除网架自重以外的屋面荷载或楼面荷载的标准值 (kN/m^2); L_2 为网架的短向跨度 (m); ζ 为系数, 对于钢管网架取 $\zeta=1.0$, 对于型钢网架取 $\zeta=1.2$ 。

1.3.4 网架屋面排水坡度的形成

网架屋面排水坡度, 可采用下列办法:

(1) 上弦节点上加小立柱找坡 (图 1-25)。

在上弦节点上加小立柱形成排水坡。此法比较灵活, 小立柱的长度根据排水坡度的要求确定。屋面无论作成双坡或四坡都比较方便, 尤其是用于空心球节点或螺栓球节点的网架更为简便。但对于大跨度网架, 当小立柱高度较高时, 应验算立柱自身的稳定性。

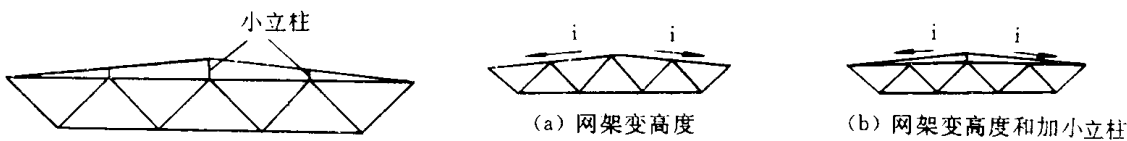


图 1-26

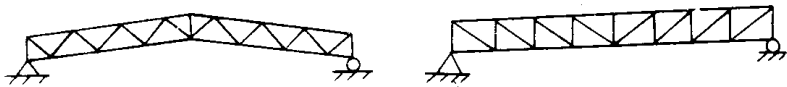


图 1-27

图 1-28